

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-286239

(43)Date of publication of application : 31.10.1995

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C22C 38/18  
C22C 38/22  
C22C 38/28  
C22C 38/38

(21)Application number : 06-104483

(71)Applicant : NISSHIN STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 20.04.1994

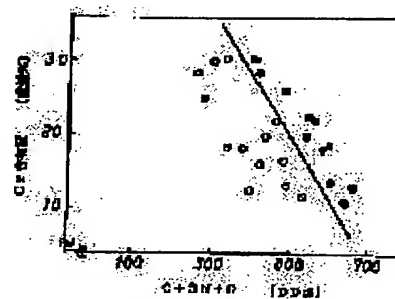
(72)Inventor : ASADA HIROSHI  
SOGA SATOSHI  
INOUE SHOJI

## (54) FERRITIC STAINLESS STEEL EXCELLENT IN LASER WELDABILITY

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To suppress the formation of nonmetallic inclusions such as oxides and nitrides precipitated in the laser-weld zone and to improve the toughness of the weld zone by regulating the contents of C, N and O in the base metal in specified correlation.

**CONSTITUTION:** This steel is a ferritic stainless steel contg., by weight,  $\leq 0.03\%$  C,  $\leq 0.025\%$  N,  $\leq 0.02\%$  O and 11 to 35% Cr, and in which the relationships in the inequality,  $(\%C)+3(\%N)+(\%O) < (124.4-(Cr\%)/1750)$  are maintained among the C content (%C), the N content (%N) and the O content (%O) in such a manner that the oxygen concn. in the laser-weld zone is regulated to  $\leq 250\text{ppm}$ , the nitrogen concn. to  $\leq 350\text{ppm}$ , the average grain size of the carbides and nitrides to be precipitated to  $\leq 3\mu\text{m}$  and the total precipitation density to  $1 \times 10^5$  pieces/mm<sup>2</sup> or below. Moreover, as for the contents of Si, Mn, Ti and Nb in the steel,  $\leq 2.0\%$  Si,  $\leq 1.0\%$  Mn,  $\leq 1.0\%$  in total of Ti and/or Nb and 0.1 to 3% Mo are preferably regulated.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-286239

(43) 公開日 平成7年(1995)10月31日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1 B			
38/18				
38/22				
38/28				
38/38				

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-104483

(22) 出願日 平成6年(1994)4月20日

(71) 出願人 000004581

日新製鋼株式会社

東京都千代田区丸の内3丁目4番1号

(72) 発明者 朝田 博

尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会社鉄鋼  
研究所内

(72) 発明者 曾我 聡

尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会社鉄鋼  
研究所内

(72) 発明者 井上 正二

尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会社鉄鋼  
研究所内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘

(54) 【発明の名称】 レーザ溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼

(57) 【要約】

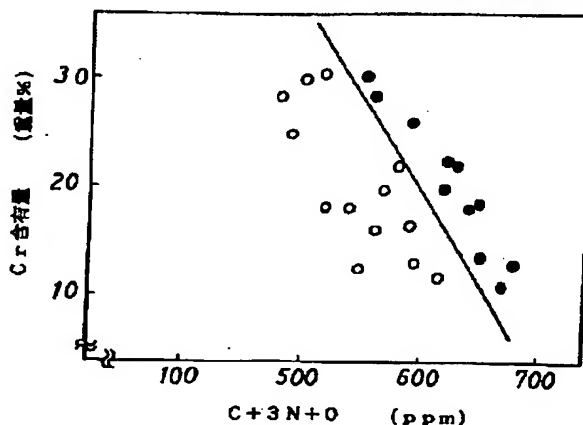
【目的】 溶接部靱性に優れ、レーザ溶接に適したフェライト系ステンレス鋼を得る。

【構成】 C: 0.03%以下, N: 0.025%以下及びO: 0.02%以下に規制したCr: 11~35%を含むフェライト系ステンレス鋼であって、レーザ溶接部の酸素濃度及び窒素濃度がそれぞれ250ppm以下及び350ppm以下で、析出する炭化物及び窒化物が平均粒径3 $\mu$ m以下で合計析出密度 $1 \times 10^5$ 個/mm<sup>2</sup>以下となるように、C含有量 [%C], N含有量 [%N] 及びO含有量 [%O] の間に次式の関係を維持させる。

$[\%C] + 3 [\%N] + [\%O] < (124.4 - [\%Cr]) / 1750$

○: 密着曲げ後も割れ発生せず

●: 曲げ試験により割れ発生



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.03重量%以下、N:0.025重量%以下及びO:0.02重量%以下に規制したCr:11~35重量%を含むフェライト系ステンレス鋼であって、レーザ溶接部の酸素濃度及び窒素濃度がそれぞれ250ppm以下及び350ppm以下で、析出す\*

$$[\%C] + 3[\%N] + [\%O] < (124.4 - [\%Cr]) / 1750$$

【請求項2】 Si含有量及びMn含有量をそれぞれ2.0重量%以下及び1.0重量%以下に規制した請求項1記載のフェライト系ステンレス鋼。

【請求項3】 Ti及び/又はNbを合計量で1.0重量%以下含む請求項1又は2記載のフェライト系ステンレス鋼。

【請求項4】 Mo:0.1~3重量%を含む請求項1~3の何れかに記載のフェライト系ステンレス鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、溶接部靱性に優れたフェライト系ステンレス鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】SUS430を始めとするフェライト系ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比較して安価であることから、広範な分野において建材、構造物材、各種部品等として使用されている。フェライト系ステンレス鋼板を使用して構造物を組立てる場合、鋼板を他の構造部材に溶接することが多い。また、ステンレス鋼板から製造された溶接管を建材、構造物材、各種部品等として使用することもある。フェライト系ステンレス鋼板の溶接には、従来からTIG溶接が採用されている。しかし、TIG溶接では溶接速度に限界があるため、レーザ溶接に置き換えることが検討されている。本出願人も、特開昭56-168988号公報でフェライト系ステンレス鋼のレーザ溶接を紹介した。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】レーザ溶接は、ビーム径の小さな熱エネルギーで母材を加熱することから、TIG溶接に比較して格段に早い溶接速度を示す。しかし、ビーム径の小さな熱エネルギーは、母材の極めて狭い領域を極めて高い温度まで加熱するため、従来のTIG

$$[\%C] + 3[\%N] + [\%O] < (124.4 - [\%Cr]) / 1750$$

このフェライト系ステンレス鋼は、更にTi及び/又はNbを合計量で1.0重量%以下、Mo:0.1~3重量%を含むことができる。また、Si含有量及びMn含有量は、それぞれ2.0重量%以下及び1.0重量%以下に規制することが好ましい。

## 【0006】

【作用】一般的にいて、窒化物、酸化物等の非金属介在物が少ないほど、溶接部の靱性が向上する。しかし、極めて高温の溶融金属が生成するレーザ溶接にあって

\* 炭化物及び窒化物が平均粒径 $3\mu\text{m}$ 以下で合計析出密度 $1 \times 10^5$ 個/ $\text{mm}^2$ 以下となるように、C含有量 $[\%C]$ 、N含有量 $[\%N]$ 及びO含有量 $[\%O]$ の間に次式(1)の関係を維持させたレーザ溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼。

$$[\%C] + 3[\%N] + [\%O] < (124.4 - [\%Cr]) / 1750$$

※ G溶接とは異なった熱履歴を溶接部が受ける。レーザビームで加熱された母材は、Feの沸点に近い $2900^\circ\text{C}$ 程度まで最高温度が到達する場合がある。このような高温に加熱された溶融金属は、雰囲気から盛んにガスを吸収する。その結果、得られた溶接部は、酸化物、窒化物等を多量に介在させた脆い組織になり易い。雰囲気からのガス吸収は、溶接雰囲気をガスシールドすることにより、ある程度まで抑制できる。

【0004】雰囲気制御によっても依然として酸化物、窒化物等の非金属介在物の生成が避けられず、母材に比較して溶接部の靱性が劣る。このような溶接部をもつステンレス鋼板に曲げ加工、バール加工等の高度の加工を施すと、溶接部に亀裂、破断が発生し、溶接製品として使用することができない。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、特定された相関関係の下で母材のC、N及びO含有量を規制することにより、レーザ溶接部に析出する酸化物、窒化物等の非金属介在物の生成を抑制し、溶接部の靱性を向上させることを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のフェライト系ステンレス鋼は、その目的を達成するため、C:0.03重量%以下、N:0.025重量%以下及びO:0.02重量%以下に規制したCr:11~35重量%を含むフェライト系ステンレス鋼であって、レーザ溶接部の酸素濃度及び窒素濃度がそれぞれ250ppm以下及び350ppm以下で、析出する炭化物及び窒化物が平均粒径 $3\mu\text{m}$ 以下で合計析出密度 $1 \times 10^5$ 個/ $\text{mm}^2$ 以下となるように、C含有量 $[\%C]$ 、N含有量 $[\%N]$ 及びO含有量 $[\%O]$ の間に次式(1)の関係を維持させている。

$$\dots\dots (1)$$

は、溶融金属が雰囲気から盛んにO、N等のガス成分を吸収するため、従来のTIG溶接における窒化物、酸化物等に関する考察が当てはまらない。そのため、OやN等を極低下させたフェライト系ステンレス鋼を母材として使用すると共に、酸素濃度及び窒素濃度が低い溶接雰囲気を使用することが考えられる。しかし、このような対策では、素材コスト及び溶接コストの上昇を招き、実用的な解決策ではない。この点、本発明者等は、レーザ溶接部の酸素濃度及び窒素濃度を規制し、且つ析出した

酸化物や窒化物の分布を制御するとき、韌性に優れた溶接部が得られることを多数の実験から見出した。この知見に基づき、N及びOを極低下することなく、式

(1)の条件を満足させるとき、フェライト系ステンレス鋼のレーザ溶接性が改善されることを解明した。

【0007】以下、本発明で規定した成分の含有量、関係式等について説明する。

C: 0.03重量%以下

フェライト系ステンレス鋼においては、粒内に固溶して素地の加工性を低下させるばかりでなく、炭化物、窒化物等の生成することによって韌性も損なわれる。そのため、C含有量は、低いほど好ましく、上限を0.03重量%に設定した。また、N及びOと共同して溶接部の加工性を低下させることから、式(1)が満足されるようにC含有量を設定する必要がある。

N: 0.025重量%以下

窒化物、炭窒化物等の生成により、溶接部の加工性及び韌性を低下させる主たる原因となる。したがって、N含有量は、特に低下させる必要があることから、上限を0.025重量%に設定した。また、C及びOと共同して溶接部の加工性や韌性を低下させることから、式(1)が満足されるようにN含有量を設定する。

【0008】O: 0.02重量%以下

割れの起点となる酸化物系の介在物を生成し、溶接部の韌性を低下させる。そのため、O含有量は、低いほど好ましく、上限を0.02重量%に設定した。また、C及びOと共同して溶接部の加工性を低下させることから、式(1)が満足されるようにO含有量を設定する。

Si: 2.0重量%以下

脱酸剤として有効な元素であり、耐高温酸化性を改善する作用も呈する。更に、溶鋼中の飽和窒素量を減少させる働きがあり、溶接部の加工性及び韌性改善に有効である。しかし、過度にSiを添加すると素材の加工性が損なわれることから、Si含有量の上限を2.0重量%に設定した。

Mn: 1.0重量%以下

脱酸剤として有効な元素であり、素地を強化する作用も呈する。しかし、過度にMnを添加すると耐食性を低下させる原因となるので、Mn含有量の上限を1.0重量%に設定した。

【0009】Cr: 11~35重量%

フェライト系ステンレス鋼の主要元素であり、耐食性を確保する上から11重量%以上のCr含有量が必要である。しかし、過剰にCrを添加すると素材の脆化を招き、製造が極めて困難になる。そのため、Cr含有量は、上限を35重量%に定めた。

Ti及び/又はNb: 合計量で1.0重量%以下

必要に応じて添加される合金元素であり、C、N及びOを固定化して無害化すると共に、高温強度の向上にも有効である。しかし、C及びNとの関係で過度に添加する

と、韌性の低下を招くと共に、非金属介在物の発生に起因する表面疵を生じさせる。そのため、Ti及びNbの含有量は、合計量で1.0重量%以下にする必要がある。

【0010】Mo: 0.1~3重量%

必要に応じて添加される合金元素であり、耐食性の向上に有効である。しかしながら、過度にMoを添加すると素材の加工性や韌性が低下するため、Mo含有量の上限を3重量%に設定した。本発明のフェライト系ステンレス鋼は、更に所定の性質を付与するため種々の合金元素を添加することができる。このような合金元素としては、耐酸化性向上のためのAl: 3重量%以下、耐食性及び加工性を向上させるためのCu: 1重量%以下、C及びNを固定するためのV及び/又はZr: 0.5重量%以下、耐粒界腐食性を改善するためのB: 0.1重量%以下、韌性及び耐酸化性向上のための希土類元素やY: 0.5重量%以下等がある。

【0011】関係式(1): 関係式(1)は、本発明者等の多数の実験結果から求められたものであるが、溶接部の加工性や韌性低下に対してC及びOよりもNの影響が大きいことを見出し、3倍の係数でNをC及びOとの関連で整理することにより、加工性及び韌性低下が効果的に防止できる。具体的には、従来から一般的に用いられているC+Nで整理した場合、図1に示すようにおおむねC+Nの限界値が得られるものの、限界値付近では逆転がかなり生じる。これに対し、C+3N+Oで整理するとき、図2に示すように明確な限界値が得られる。この関係式(1)を維持することにより、レーザ溶接部の酸素濃度及び窒素濃度がそれぞれ250ppm以下及び350ppm以下で、析出する炭化物及び窒化物が平均粒径3μm以下で合計析出密度 $1 \times 10^5$ 個/mm<sup>2</sup>となる。

【0012】また、図3に示すように、酸素濃度が250ppmを超えると、酸化物系介在物が大量に発生し、韌性の低下を引き起こす。そこで、溶接部の酸素濃度を250ppm以下とすることが必要である。他方、窒素濃度が350ppmを超えると析出物の粒径が大きくなり密度の高くなるため、溶接部の窒素濃度を350ppm以下にする必要がある。析出物は、板状の形状をもっているが、その径が大きくなると破壊の起点となり、韌性を低下させる。この点、図4に示すように、析出物の平均粒径が3μm以下では、発生しても破壊の起点としての作用が小さい。析出物の密度が大きくなると、破壊の起点が連続した状態になるので韌性が低下する。隣接する介在物が相互的に作用して韌性の大きな低下をもたらさないためには、図5から明らかなように $1 \times 10^5$ 個/mm<sup>2</sup>以下の析出密度が好ましい。その結果、得られた溶接部は、高度の加工を施しても加工割れを生じない優れた韌性を示す。以上のように成分調整されたフェライト系ステンレス鋼は、通常の条件下でレーザ溶接す

ることができるが、板厚方向に関し全厚にわたる溶接部が得られる条件下で可能な限り少ない入熱で溶接することが好ましい。たとえば、溶接入熱の増加によりビード幅を大きくすると、溶接トーチの狙い精度を低くしても溶接可能であり、施工面から有利となる。しかし、溶接金属の冷却速度が小さいために結晶粒の粗大化を招き、靱性の低下を引き起こす。

【0013】

【実施例】

実施例1：13%Crを主成分とする低炭素フェライト系ステンレス鋼について、C、N及びOレベルが種々異なる板厚1mmの鋼板を用意した。この鋼板をレーザ出\*

\*力5kW及び溶接速度3m/分で溶接した後、溶接部の曲げ試験により加工性を調査した。調査結果を示す表1にみられるように、C、N及びN含有量が本発明で規定した関係式(1)を満足する材料では、溶接部の酸素濃度及び窒素濃度が低く、非金属介在物の量が極めて少ないことから、密着曲げ試験においても割れを発生することがなかった。これに対し、関係式(1)を満足しない材料では、介在物が多量になり、粒径も約5 $\mu$ mと大きくなっていた。この材料では、曲げ試験によって割れが発生した。

【0014】

【表1】

表1：C、N及びOが溶接部の加工性に与える影響

区 分			本 発 明 例		比 較 例	
試験番号			1	2	3	4
母材部	C	ppm	120	160	100	120
	N	ppm	110	110	160	150
	O	ppm	100	104	95	80
	C+N	ppm	230	270	260	270
	C+3N+O	ppm	690	594	675	650
溶接部	酸素濃度	ppm	220	210	190	185
	窒素濃度	ppm	280	245	360	375
	介在物の径	$\mu$ m	1	1	4	5
	介在物の分布密度	(注)	10	5	200	500
	曲げ試験後の割れ	—	なし	なし	あり	あり

介在物の分布密度は、 $\times 10^3$  個/mm<sup>2</sup> で表す。

【0015】実施例2：18%Cr-0.5%Cu-0.5%Nbを主成分とする低炭素フェライト系ステンレス鋼について、C、N及びOレベルが異なる板厚2mmの鋼板を用意した。この鋼板をレーザ出力5kW及び溶接速度2m/分で溶接した後、溶接部の2t曲げ試験で加工性を調査した。調査結果を示す表2にみられるように、C、N及びOが本発明で規定した関係式(1)を満足する鋼板では、溶接部の酸素濃度及び窒素濃度が

低く、有害な非金属介在物は観察されなかった。また、2t曲げ試験後も溶接部に割れが発生せず、良好な加工性を示すことが判った。他方、関係式(1)を満足しない鋼板では、粒径が約4~7 $\mu$ mと大きな介在物が多量に分散した溶接部が形成された。この溶接部には、曲げ試験後に割れが発生した。

【0016】

【表2】

表2: C, N及びOが溶接部の加工性に与える影響

区 分			本 発 明 例		比 較 例	
試験番号			5	6	7	8
母材部	C	ppm	145	170	120	100
	N	ppm	100	90	140	150
	O	ppm	75	94	107	102
	C+N	ppm	245	260	260	250
	C+3N+O	ppm	520	534	647	652
溶接部	酸素濃度	ppm	200	210	253	240
	窒素濃度	ppm	240	195	385	410
	介在物の径	μm	-	-	4	7
	介在物の分布密度	(注)	<1	<1	100	200
	曲げ試験後の割れ	-	なし	なし	あり	あり

介在物の分布密度は、 $\times 10^3$  個/mm<sup>2</sup> で表す。

【0017】実施例3: 30%Cr-2%Moを主成分とする低炭素フェライト系ステンレス鋼について、C, N及びOレベルが異なる板厚0.8mmの鋼板を用意した。この鋼板をレーザー出力5kW及び溶接速度4m/分で溶接した後、溶接部の密着曲げ試験で加工性を調査した。調査結果を示す表3にみられるように、C, N及びOが本発明で規定した関係式(1)を満足する鋼板では、溶接部の酸素濃度及び窒素濃度が低く、有害な非金属\*

\* 属介在物は観察されなかった。また、密着曲げ試験後も溶接部に割れが発生せず、良好な加工性を示すことが判った。他方、関係式(1)を満足しない鋼板では、粒径が約4μmと大きな介在物が多量に分散した溶接部が形成された。この溶接部には、曲げ試験後に割れが発生した。

【0018】

【表3】

表3: C, N及びOが溶接部の加工性に与える影響

区 分			本 発 明 例		比較例
試験番号			9	10	11
母材部	C	ppm	80	110	90
	N	ppm	100	105	120
	O	ppm	120	101	100
	C+N	ppm	180	210	210
	C+3N+O	ppm	500	516	550
溶接部	酸素濃度	ppm	190	210	260
	窒素濃度	ppm	230	190	420
	介在物の径	μm	<1	<1	4
	介在物の分布密度	(注)	<1	<1	1000
	曲げ試験後の割れ	-	なし	なし	あり

介在物の分布密度は、 $\times 10^3$  個/mm<sup>2</sup> で表す。

【0019】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明のフェライト系ステンレス鋼は、C含有量、N含有量及びO含有量の上限をそれぞれ規制すると共に、相互の間にバランスをとることにより、レーザ溶接部に含まれるN及びOが靱性低下に与える影響を抑制している。その結果、高度の加工を施しても加工割れを発生することがない優れた溶接部靱性をもつフェライト系ステンレス鋼となり、広範な分野で建材、構造材、部品等として使用される。\*

\* 【図面の簡単な説明】

【図1】 溶接部の割れ発生状況をC+N量で整理したグラフ

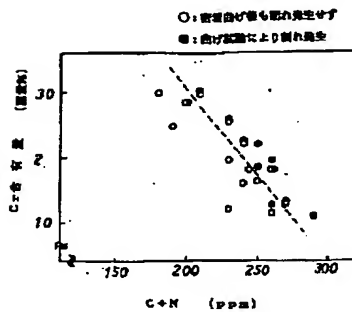
【図2】 溶接部の割れ発生状況をC+3N+O量で整理したグラフ

【図3】 溶接部の酸素濃度及び窒素濃度が割れ発生に与える影響

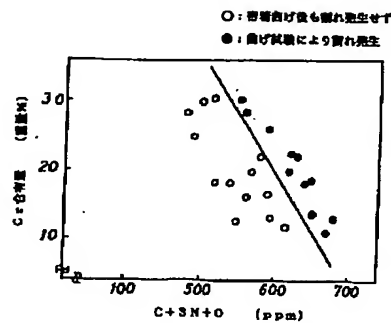
【図4】 介在物の径と曲げ角度との関係

【図5】 介在物の密度と曲げ角度との関係

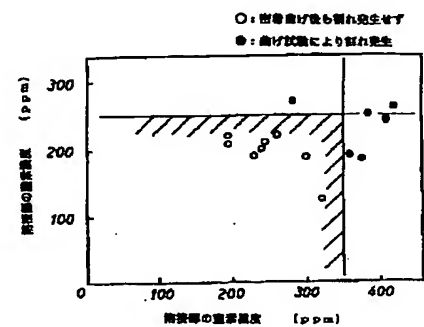
【図1】



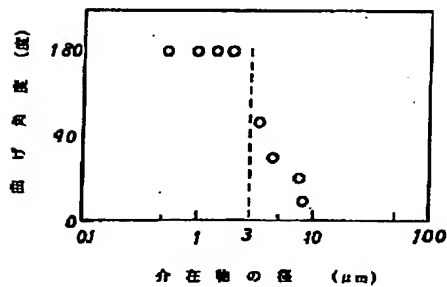
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

